

CORRELAÇÃO ESPACIAL DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA SOJA

AMANDA C. M. B. KUIAWSKI¹, EDUARDO L. BOTTEGA^{2*}, ALEXANDRE TEN CATEN²,
BRUNO F. B. BOESING¹, LAYS SARTORI¹

¹Graduando em Agronomia, UFSC, Curitiba/SC, e-mail: amandambk12@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Professor Auxiliar, Depto. de Ciências Agronômicas, UFSC, Curitiba – SC, eduardo.bottega@ufsc.br

³Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, Depto. de Ciências Biológicas e Veterinárias, UFSC, Curitiba – SC, alexandre.ten.caten@ufsc.br

* Autor para correspondência.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014

14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: Técnicas de agricultura de precisão vêm sendo muito empregadas na produção agrícola pelo fato de proporcionarem ao produtor um controle específico e localizado de variáveis que afetam a produtividade das culturas, o mapeamento da variabilidade espacial, neste contexto, trata-se da principal ferramenta utilizada. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a correlação espacial de índices de vegetação em diferentes estádios da soja. Em uma área agrícola de 13 ha foi estabelecida malha amostral composta por 50 pontos espaçados em 50x50 m. Em cada ponto amostral foi mensurada, utilizando espectrorradiômetro portátil, a reflectância da cultura em três estádios fenológicos diferentes: V6, R5 e R5.5. Após a mensuração da reflectância da cultura, foram calculados os índices de vegetação: NDVI, SAVI, RS e WDRVI. Posteriormente empregou-se análise geoestatística e calculou-se o índice de Moran bivariado. Os índices de vegetação representaram a variabilidade espacial da cultura da soja nos estádios fenológicos estudados, exceto o índice WDRVI para soja em estádio R5.5. Os índices de vegetação RS e WDRVI foram os que apresentaram maior valor para o Índice de Moran bivariado (0,83 e 0,81) quando comparados para o mesmo estádio fenológico da cultura da soja.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, índices de vegetação, soja.

SPATIAL CORRELATION OF VEGETATION INDICES IN DIFFERENT STAGES OF DEVELOPMENT OF SOYBEAN

ABSTRACT: Precision agriculture techniques have been widely used in agricultural production because the producer provide a specific control and localized variables that affect crop productivity, mapping the spatial variability in this context, it is the main tool used. The present study was conducted to evaluate the spatial correlation of indices of vegetation in different stages of soybean. In an agricultural area of 13 ha sampling grid consisting of 50 points spaced at 50x50 m was established. At each sample point was measured using portable spectroradiometer, the reflectance of the crop in three different growth stages: V6, R5 and R5.5. After measuring the reflectance of the crop, vegetation indices were calculated (NDVI, SAVI, RS and WDRVI). Subsequently employed geostatistical analysis and bivariate Moran's I. The vegetation indices represent the spatial variability of the soybean crop in the phenological stage studied, except WDRVI index for soybean R5.5 stadium. RS and WDRVI vegetation indices, presented the highest value of the bivariate Moran's (0,83 and 0,81) when compared to the same phenological stage of soybean.

KEYWORDS: precision agriculture, vegetation index, soybean.

INTRODUÇÃO: A utilização de técnicas de sensoriamento remoto na agricultura tem sido relatada desde a década de 60, para o mapeamento de solos e a previsão de safras, com o uso de fotografias

aéreas. Posteriormente, começaram a ser utilizadas imagens de satélites no monitoramento das áreas (SUGAWARA; RUDORFF; ADAMI, 2008), na previsão de safras e na avaliação do desenvolvimento das plantas (ALMEIDA, 2008). Atualmente, também são utilizados sensores terrestres que permitem estabelecer relações entre as respostas espectrais do solo (NANNI; DEMATTÊ; FIORIO, 2004), da cultura e os parâmetros de crescimento das plantas (FORMAGGIO; EPIPHANIO, 1998). Com o crescente uso da agricultura de precisão, a compreensão da variabilidade das variáveis agrônômicas, que compõem o sistema de produção se torna fundamental. Além disso, as restrições ambientais e a capacidade de uso do solo geram a necessidade de adoção de tecnologias que possibilitem maximizar a produtividade (GROFF, 2013). A cultura da soja (*Glycine max*) destaca-se pela grande importância econômica nacional e pelo crescimento do cultivo nos últimos anos em todo território brasileiro. Na safra 2011/2012, a área cultivada no Brasil foi de 25,04 milhões de hectares, 3,6% superior à cultivada na safra anterior (CONAB, 2012), diante do exposto, destaca-se a importância de estudos sobre técnicas de agricultura de precisão aplicadas ao cultivo da soja. Este trabalho objetivou avaliar a correlação espacial de índices de vegetação em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no município de Curitibaanos, estado de Santa Catarina, em uma área comercial destinada ao cultivo de soja, cebola e alho, totalizando 13 ha. Foi estabelecida uma malha amostral composta por 50 pontos, georreferenciados, com espaçamento de 50 x 50 metros, que serviu de base para coleta de dados (Figura 1).

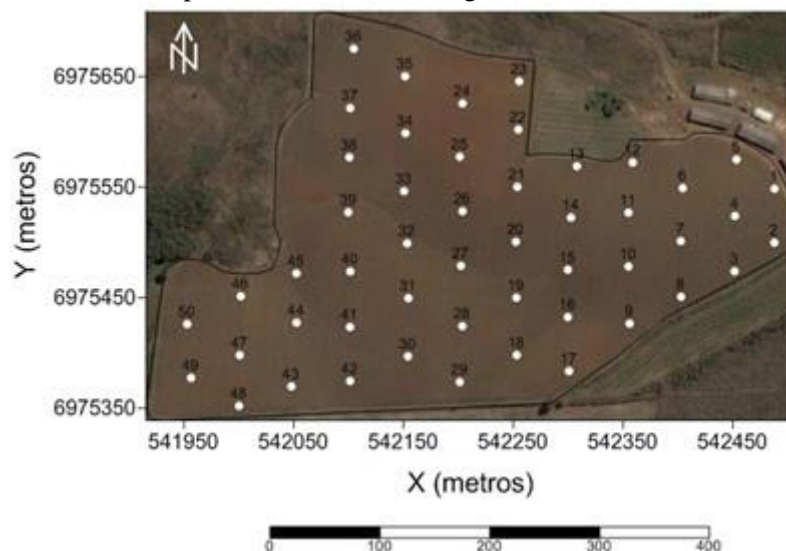


Figura 1. Mapa de localização e espacialização dos pontos amostrais utilizados como referência na coleta de dados. Sistema UTM, zona 22J, datum SIRGAS2000.

A cultura estudada foi à soja. Em cada ponto amostral foi mensurado a reflectância da cultura em três estádios fenológicos diferentes: V6, R5 e R5.5. Na mensuração da reflectância da cultura, foi utilizado um espectrorradiômetro, modelo FieldSpec® HandHeld 2TM ASD Inc. que atua no intervalo de comprimento de onda entre 300 e 1100 nm, com a resolução espectral de 1 nm, composto de uma fibra óptica com campo de visão de 25°, posicionado a 1 metro de altura em relação ao dossel. Após a mensuração da reflectância da cultura, foram calculados os índices de vegetação NDVI (ROUSE et al., 1974), SAVI (HUETE, 1988), RS (PEARSON & MILLER, 1972) e WDRVI (GITELSON, 2004). Após a estimativa dos índices de vegetação em cada ponto amostral, procedeu-se análise de correlação calculando-se o índice de Moran bivariado. Para o teste de significância do índice, foram utilizadas 99 permutações. A dependência espacial foi avaliada pelos ajustes de variogramas, pressupondo a estacionariedade da hipótese intrínseca (Equação 1).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que,

$\hat{\gamma}(h)$ = Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;

h = Distância de separação entre pares de pontos, m;

N (h) = Número de pares experimentais de observações Z(xi) e Z (xi + h) separados por uma distância h.

Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Foi ajustado o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo. Uma vez detectada a dependência espacial, foi produzido o mapa de variabilidade do atributo. A interpolação dos mapas foi realizada utilizando krigagem ordinária. Para as estimativas de valores em locais não amostrados, foram utilizados 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual ao valor do alcance encontrado no ajuste do variograma. A análise geoestatística e os modelos dos semivariogramas dos atributos estudados foram ajustados utilizando o programa de computador GS+, versão 9. O cálculo do índice de Moran bivariado foi realizado utilizando o *software* GeoDa. Os mapas temáticos foram gerados utilizando o programa Surfer, versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: São apresentados, na Figura 1, os mapas temáticos de distribuição espacial dos índices de vegetação mensurados nos diferentes estádios da cultura da soja. Os índices de vegetação representaram a variabilidade espacial da cultura da soja nos estádio fenológicos estudados, exceto o índice WDRVI para soja em estádio R5.5. Em análise visual constatou-se maior semelhança entre os mapas dos índices RS e WDRVI, nos quais áreas de valores elevados são observadas nas mesmas regiões. O mesmo pode ser observado para o comportamento destes índices ao longo do desenvolvimento da cultura.

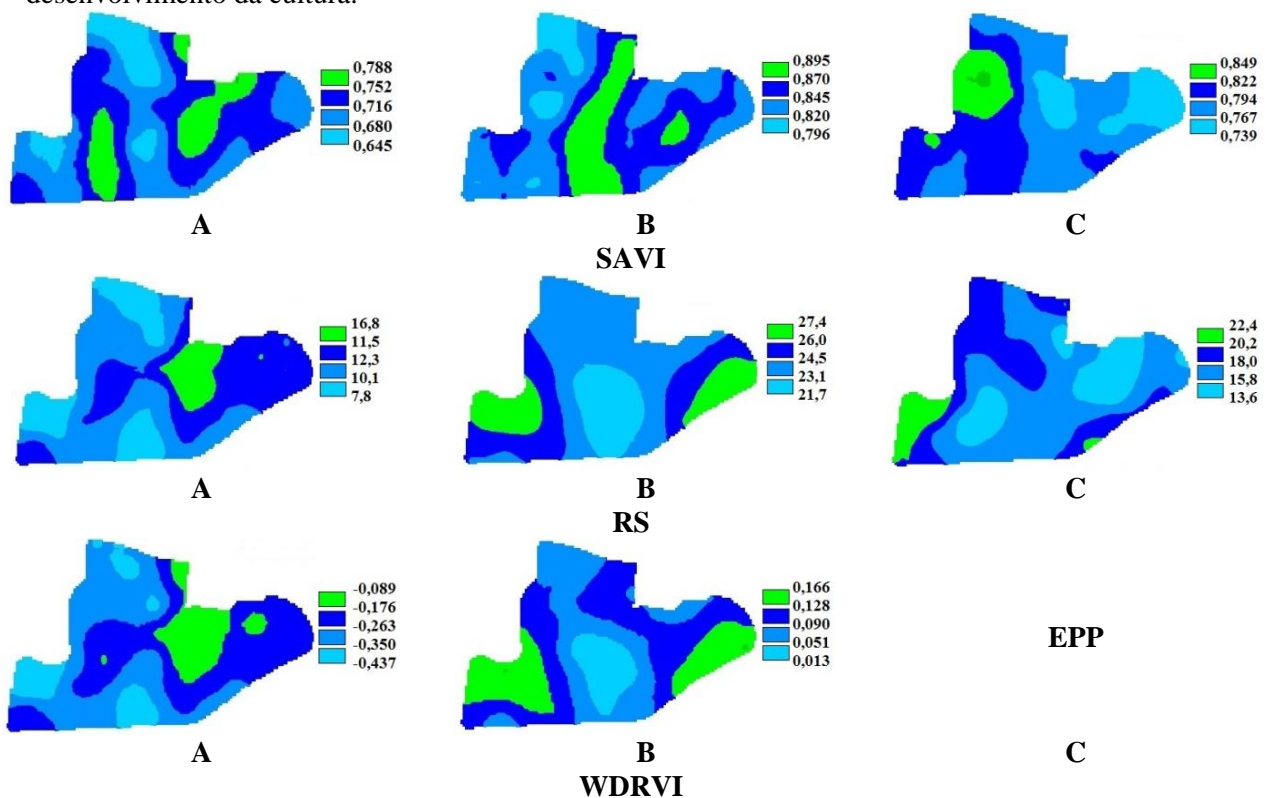


FIGURA 1. Mapas temáticos da distribuição espacial dos índices de vegetação estudados para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja: estádio V6 (A); estádio R5 (B); estádio R5.5 (C). EPP: Efeito Pepita Puro.

Os índices de vegetação RS e WDRVI foram os que apresentaram maior valor para o Índice de Moran bivariado (0,83 e 0,81) quando comparados para o mesmo estádio fenológico da cultura da soja. (Tabela 1). Esta semelhança é explicada pelo fato de que ambos os índices são calculados considerando os comprimentos de onda do infravermelho próximo e do vermelho. A caracterização da variabilidade espacial dos índices de vegetação pode servir como fator discriminante para delimitação

de zonas de manejo, contudo, um estudo de sua relação com a produtividade da cultura se faz necessário.

TABELA 1. Índice de Moran bivariado entre os índices de vegetação estudados e os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja.

	SAVI V6	SAVI R5	SAVI R5.5	RS V6	RS R5	RS R5.5	WDRVI V6	WDRVI R5
SAVI_V6	1,0							
SAVI_R5	0,04	1,0						
SAVI_R5.5	-0,07	-0,27	1,0					
RS_V6	0,66*	0,03	-0,50	1,0				
RS_R5	0,01	-0,29	-0,01	-0,08	1,0			
RS_R5.5	-0,51*	-0,18	0,42*	-0,54*	0,14	1,0		
WDRVI_V6	0,65*	-0,12	-0,21	0,83*	-0,01	-0,18	1,0	
WDRVI_R5	0,10	0,06	-0,07	0,02	0,81*	0,08	0,05	1,0

*Significativo pelo teste Z à 5% de probabilidade

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Os índices de vegetação representaram a variabilidade espacial da cultura da soja nos estádio fenológicos estudados, exceto o índice WDRVI para soja em estádio R5.5. Os índices de vegetação RS e WDRVI foram os que apresentaram maior valor para o Índice de Moran bivariado (0,83 e 0,81) quando comparados para o mesmo estádio fenológico da cultura da soja.

AGRADECIMENTOS: À Fundação AGRISUS pelo financiamento deste estudo e pela concessão de bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. S. Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo de solo. 2008. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2012. Brasília: Conab, 2012. 30 p.
- FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Estudo radiométrico das culturas de trigo e de feijão em três tipos de latossolos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., Natal, 1988. Anais... São José dos Campos, INPE, 1988. p. 405-410.
- GROFF, E. C.; MARCOS RAFAEL NANNI, M. R.; POVH, F. P.; CEZAR, E. Características agrônomicas associadas com índices de vegetação medidos por sensores ativos de dossel na cultura da soja. Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 2, p. 517-526, 2013.
- GITELSON, A.A. 2004. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. *Journal of Plant Physiology* 161:165-173.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v.25, p. 295–309, 1988.
- NANNI, M. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; FIORIO, P. R. Soil discrimination analysis by spectral response in the ground level. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 10, p. 995-1006, 2004.
- PEARSON, R.L.; MILLER, L.D. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short-grass Prairie, Pawnee National Grassland, Colorado: 8th international symposium on remote sensing of environment, Proceedings... p. 1357-1381. 1972.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; HARLAN, J.C. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 371p., 1974.
- SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F.; ADAMI, M. Viabilidade de uso de imagens Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1777-1783, dez. 2008.